



E/CONF.39/A/7

24 Sept.1962

ORIGINAL : FRANCAIS

**CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES**

Point de l'ordre du jour : A.3.3.1

Sénégal

PROSPECTION HYDROGEOLOGIQUE
POUR L'ALIMENTATION EN EAU
DE DAKAR

Par R. DEGALLIER

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

PROSPECTION HYDROGEOLOGIQUE POUR L'ALIMENTATION EN EAU DE DAKAR

par R. DEGALLIER

1. INTRODUCTION

1. La ville de Dakar est actuellement alimentée par trois centres de captages fournissant 60.000 m³/j à plus de 350.000 habitants. Mais on prévoit déjà que ce débit deviendra rapidement insuffisant pour couvrir les besoins d'une ville en pleine expansion, et de nouvelles recherches sont en cours.

2. Nous donnerons tout d'abord un aperçu des caractéristiques de chacun de ces centres de captages existants, et nous essaierons de montrer en même temps quelle a été chaque fois la contribution des différentes méthodes scientifiques de recherche à leur découverte et à leur installation.

3. On verra que l'application de ces méthodes a toujours été en s'intensifiant, non seulement parce qu'elles étaient progressivement mises au point, ni à cause des exigences de plus en plus importantes entraînées par le développement, mais surtout parce que les réserves les plus immédiatement disponibles une fois consommées, il fallait rechercher des ressources de moins en moins accessibles, qui demandent des investissements dont la rentabilité doit être assurée par des justifications de mieux en mieux fondées..

4. Nous exposerons ensuite quelles sont les recherches en cours, et ce qu'on peut attendre de l'application des différentes spécialités de l'hydrogéologie.

5. En conclusion, nous dirons quelques mots de l'organisation de la recherche grâce à laquelle les opérations citées ont pu être conduites dans d'excellentes conditions.

2. NAPPE INFRA-BASALTIQUE

6. La nappe contenue dans les sables quaternaires qui recouvrent toute la presqu'île du Cap Vert d'un manteau continu de dunes, se trouve couverte, dans la tête de la presqu'île, par des coulées de basalte.

7. Cette nappe fut mise en exploitation d'une façon extrêmement progressive, puisque l'exécution de quelques 50 puits et forages de reconnaissance et d'exploitation s'échelonne de 1925 à nos jours. Grâce à ces travaux, on connaît la topographie et la nature de son mur (marnes crétacées et éocènes), et l'on a pu distinguer différentes coulées dans les basaltes qui la recouvrent (ARNAUD 1952, GORODISKY 1954).

8. Les seules études dont on ait profité dans ces aménagements furent les recherches hydrologiques très approfondies d'HUBERT (1922), basées sur l'étude des fluctuations de la nappe de 1912 à 1922, qui lui permirent d'énoncer que "dans les dunes de la presqu'île du Cap Vert, la quantité d'eau de précipitation pénétrant en profondeur au cours de l'année est égale à la hauteur d'eau tombée moins 25 cm environ".

9. La connaissance de ce bilan, jointe à la progressivité de l'aménagement expliquent probablement que le nombre de puits abandonnés par suite d'intrusion d'eau salée soit faible, bien qu'aucune étude géophysique n'ait encore précisé les limites de la nappe douce avec l'océan, et qu'aucun piézomètre ne renseigne sur les mouvements éventuels du front salé.

10. Le débit actuellement exploité est de 16.000 m³/j, mais on s'attend à être obligé à le réduire, notamment à cause d'une diminution de l'alimentation imputable à l'urbanisation d'une grande partie du bassin versant, englobé maintenant dans la banlieue de Dakar.

3. TIAROYE

11. Dans les mêmes formations sableuses quaternaires, à 12 km de Dakar au delà des épanchements basaltiques, le centre de Tiaroye fut mis en exploitation de façon moins empirique. Une étude géophysique compréhensive par sondages électriques de toute la presqu'île du Cap Vert de Dakar à Cayar précisa en 1946 l'épaisseur des sables à eau douce et leurs limites au contact des eaux salées et des marnes éocènes, et repéra les zones où les sables aquifères paraissaient les moins argileux. Avec plus de 50 m d'épaisseur des sables mouillés sur plus de 10 km², la région de Tiaroye était la plus favorable (BREUSSE 1952).

12. De difficiles problèmes techniques se posèrent lors de la mise en exploitation, et se posent encore, en raison de la finesse des sables, de moins de 0,3 mm de diamètre, et de l'agressivité des eaux. C'est pourquoi de nombreux forages d'étude et de reconnaissance furent exécutés, pour mettre au point les précautions à prendre dans l'élaboration des massifs filtrants.

13. Durant les premières années d'exploitation (1952 - 1957), la nappe fut surexploitée, et l'on en tira jusqu'à 20.000 m³/j sans tenir compte de l'alimentation annuelle ; on enregistra effectivement une avancée du front salé, mais on savait que la nappe de Sebikotane pourrait bientôt prendre le relai. Actuellement on pense qu'avec 10.000 m³/j, un équilibre pourra être maintenu entre les années à pluies déficitaires et celles à pluies excédentaires, sans mouvement sensible du front salé.

4. SEBIKOTANE

14. On se préoccupait depuis longtemps déjà de trouver 40.000 m³/j supplémentaires. Trois solutions ont été envisagées :

15. Celle d'exploiter la nappe des sables quaternaires au-delà de Tiaroye là où son épaisseur était inférieure à une vingtaine de mètres, aurait exigé 50 à 100 forages dispersés sur une centaine de kilomètres, ce qui rivalisait difficilement avec l'extrême simplicité de l'opération Sebikotane, où un seul forage de 50 m de profondeur pouvait suffire à fournir tout le débit.

16. La seconde solution présentait le plus de garantie à l'époque. En effet, la nappe maestrichtienne était bien connue par les forages de l'intérieur du Sénégal, et, grâce au levé de la carte géologique, les formations sableuses maestrichtiennes avaient été identifiées à Pout, à 50 km de Dakar. (TESSIER 1946).

17. Une première campagne géophysique, effectuée en 1946, en précisa l'extension vers l'Ouest à faible profondeur jusqu'à un accident tectonique, la "faille de Sebikotane"; au delà duquel ils étaient surmontés par un horizon électriquement beaucoup plus résistant, lui-même recouvert de marnes éocènes. Il s'agissait de calcaires Paléocènes fissurés, et un sondage en révéla en 1947 les excellentes qualités hydrauliques. Plus à l'Ouest encore, au delà d'un second accident tectonique les me-

sures géophysiques montrèrent en profondeur l'existence d'une épaisse série essentiellement argileuse ou à eau saumâtre.

18. Un forage d'essai d'exploitation fut alors effectué à Pout, et le maestrichtien grésocalcaire et sablo argileux se révéla difficile à canter. On redhercha ensuite l'extension de ces faciès par une campagne de 6 forages totalisant plus de 2.500 m. Mais ces forages semblèrent montrer des faciès plus argileux, peut-être à la suite d'un échantillonnage défectueux, et l'on s'orienta résolument vers une troisième solution, que les calcaires paléocènes découverts cinq ans auparavant faisait envisager.

19. Alors qu'à Dakar et à Tiaroye, à cause du recouvrement éolien, la structure des gisements ne pouvait être décelée par l'observation hydrogéologique directe à Sébikotane les affleurements, bien que peu nombreux permettaient d'emblée de se faire une idée de la complexité de la structure géologique, dont on devait attendre beaucoup d'anomalies dans le comportement des eaux souterraines.

20. C'est pourquoi des études hydrogéologiques, géophysiques, les recherches par forages, les mesures hydrologiques et météorologiques ont alterné en de multiples campagnes dont nous allons retracer le déroulement en ne citant que l'essentiel des apports de chacune d'elles, car deux publications ont déjà exposé ailleurs, l'une (DEGALLIER, MARCHAND 1955) la structure et l'évolution géologique de la région, le comportement des différentes nappes en présence et leurs réactions entre les pluies et les fluctuations de la nappe, et les perturbations apportées par deux années d'exploitation à gros débit.

21. Le levé de la carte géologique avait fait apparaître sur le flanc Ouest du dôme anticlinal de N'Dias, où le maestrichtien affleure sur plus de 300 km², un contact anormal avec les marnes éocènes surmontant les calcaires de Sébikotane, indiquant la présence d'une faille ou d'une série de failles en escaliers. Un premier inventaire des points d'eau montrait un écoulement de la nappe phréatique divergeant autour de ce massif anticlinal.

22. Une seconde campagne géophysique (1951) reconnut par sondages électriques l'extension et la structure des calcaires paléocènes, ainsi que leurs relations avec la mer. Ces calcaires, entre 20 et 100 m de profondeur, s'amincissent pour disparaître vers le Nord, touchent à l'Est des roches sablo-argileuses du maestrichtien à travers la faille de Sébikotane, à l'Ouest les marnes éocènes à travers une autre faille, et plongent au Sud sous l'océan où ils deviennent salés.

23. Un inventaire détaillé des points d'eau, avec nivellement de précision (BENSE 1952) mit en évidence leur alimentation à travers la faille de Sébikotane dans les formations maestrichtiennes, et leur exutoire plus à l'aval dans ces mêmes formations.

24. En 1953, une trentaine de forages de reconnaissance prospectèrent ce gisement aquifère. Grâce aux carottages électriques qui furent faits systématiquement des corrélations étroites purent être faites malgré la présence des failles, malgré une érosionant-éocène très capricieuse du sommet des calcaires, et malgré l'existence d'une vallée quaternaire fossile. Les découvertes faites lors de cette campagne de forages obligèrent à une troisième étude géophysique pour compléter les précédentes.

25. Ensuite pendant deux années consécutives (1954-55) de très importants essais de pompages furent conduits quant aux débits qu'on envisageait d'exploiter, pour se rendre compte des réserves, du mode de renouvellement de la nappe, et surtout des risques de contamination par la mer.

26. L'exploitation démarra fin 1958 lorsqu'une conduite de 800 mm de diamètre eut été posée jusqu'à Dakar.

27. La plupart des forages de reconnaissance avaient été aménagés en piézomètres, et observés périodiquement depuis 1953. Un pluviomètre permit d'avoir une idée de la hauteur annuelle des précipitations. Dès 1960, le besoin se fit sentir d'avoir une mesure plus précise de l'alimentation de la nappe, et une dizaine de pluviomètres et deux pluviographes furent installés. En même temps, l'étude des fluctuations du niveau de la nappe phréatique fut entreprise par des mesures mensuelles dans tous les vuis de la région, afin de distinguer si possible l'effet des pluies de celui des exploitations, et de tenter de délimiter ainsi par des mesures directes, l'extension du cône de pompage.

28. Enfin, des mesures hydrologiques ont été entreprises pendant les saisons de pluie de 1961 et 1962, en vue de mesurer les quantités d'eau de surface qui pourraient être utilisées à sursupplier la nappe dans la zone critique du bord de mer.

29. Parallèlement à ces nombreuses études à objectif hydraulique étaient effectuées, par des compagnies privées, des recherches de pétrole-gravimétrie, magnétique, sismique, forages profonds - dont il était tenu compte simultanément.

30. Tous les faits nouveaux étaient intégrés au fur et à mesure aux connaissances antérieures, mais il est apparu que chaque fois que des réinterprétations d'ensemble étaient effectuées, de nombreuses hypothèses nouvelles étaient fécondées par la confrontation inédite d'autres éléments. On est donc encore loin d'avoir extrait tout ce qu'on peut de la masse des observations, à laquelle s'ajoutent régulièrement de nouvelles saisons de mesures de fluctuations du niveau des eaux souterraines.

31. Ces mesures périodiques de niveau sont un des plus puissants moyens d'investigation de l'hydraulique souterraine, et en même temps l'un des plus économiques lorsqu'elles sont faites sur des points d'eau existants.

5. NAPPE MAESTRICHTIENNE

32. Actuellement, les besoins en eau de Dakar dépassent de nouveau les disponibilités, et un nouveau cycle de travaux d'études est en cours pour mettre au jour des ressources nouvelles. Alors qu'il y a 15 ans les ressources envisagées se trouvaient à moins de 50 km de Dakar, il faut actuellement dépasser ce chiffre. Pourtant, des ressources abondantes et inexploitées existent encore dans les sables de la presqu'île, mais nous avons vu qu'elles se prêtent mal à une exploitation centralisée, et on préfère les réserver à l'agriculture.

33. On se propose donc soit de prélever dans le lac de Guières les eaux de crue du fleuve Sénégal, et de les amener à Dakar par une conduite de plus de 200 m de longueur, soit de capter la nappe maestrichtienne captive à une centaine de km de Dakar, soit encore ce, qui serait le plus économique, de l'exploiter sur le flanc Est du massif de N'Dias, par l'intermédiaire des calcaires paléocènes, comme à Sebikotane. On n'exclut pas non plus de déminéraliser l'eau de mer à un prix de revient compétitif. Ces 4 études sont actuellement menées parallèlement par des organismes spécialisés.

34. Déjà en 1954, une étude hydrogéologique de la nappe maestrichtienne avait été réalisée (DEGALLIER 1954) d'après l'étude des quelques 60 forages existants dans l'intérieur du Sénégal. Une stratigraphie détaillée avait été établie et l'évolution paléogéographique du bassin sédimentaire sénégalais précisée. Une étude hydrochimique avait incité à émettre certaines hypothèses sur l'alimentation vraisemblablement très faible de cette nappe.

35. Mais rien n'était connu de la dynamique de la nappe, et on ne pouvait faire aucune prévision des répercussions qu'entraînerait une exploitation intensive par exemple à 50.000 m³/jour. C'était là l'objectif des études hydrauliques souterraines effectuées en 1961 - 1962 sur les forages existants (AUDIBERT 1962). L'ordre de grandeur de la transmissivité a pu être évaluée, mais des mesures plus précises exigent des travaux complémentaires onéreux : pose de piézomètres, mesure de l'âge absolu de l'eau, essai par traceur radio-actif, etc..

36. L'exploitation de cette nappe artésienne pour l'alimentation en eau de Dakar est possible partout, mais la zone la plus intéressante se trouve non loin à l'est de Sebikotane sur le flanc Est de l'affleurement anticlinal maestrichtien de N'Dias, où elle bénéficie comme à Sebikotane d'une alimentation directe ; en évitant ainsi d'utiliser des réserves de décompression, on limite au maximum les risques d'intrusion d'eau salée.

37. Les études en cours dans ce secteur en sont à leur phase initiale comprenant essentiellement de la photogéologie et de la cartographie géologique au 1/20.000. Là aussi en escaliers compliquent la disposition des calcaires paléocènes, dans lesquels on recherche les zones de meilleure fissuration et ayant la meilleure action de drain vis-à-vis des sables maestrichtiens.

38. Une quatrième étude géophysique a permis de lever l'hypothèse qui pesait sur ce secteur du fait de la présence d'eau sursalée dans le lac Tanma, exutoire évapora-

toire entraînant la partie Nord... En fait, l'épaisseur des formations salées est faible - une centaine de mètres -, et il s'agit surtout de formations argileuses peu aptes à rapidement.

6. CONCLUSIONS

39. L'originalité des méthodes qui viennent d'être énumérées réside surtout dans l'utilisation coordonnée pendant maintenant plus de 15 ans de toute une gamme de méthodes classiques de prospection hydrogéologique.

40. L'ordre dans lequel ces méthodes doivent être appliquées n'est pas indifférent. Les reconnaissances géologiques et l'inventaire des points d'eau préparent les prospections géophysiques ; puis les forages, phases la plus onéreuse, font le contrôle concret des résultats des méthodes inductives, et l'on peut ensuite passer à l'exploitation. Nous avons vu à combien de reprises ce cycle d'opérations avait été réitéré, amenant chaque fois une réinterprétation fructueuse des faits précédemment acquis, grâce à l'intégration mutuelle de données de discipline voisine.

41. Pour des opérations importantes, la mise en oeuvre de ces méthodes n'est plus de la compétence d'individus isolés, mais d'équipes bien rodées de spécialistes confirmés dans des disciplines variées. L'intervention de telles équipes peut être conçue comme se limitant à l'opération en cours, au risque de mécomptes causés par une connaissance insuffisante du pays. Mais l'efficacité en est décuplée par une permanence des mêmes personnes dans plusieurs opérations successives. Pour être utilisé à temps plein, de tels spécialistes doivent avoir une compétence géographique étendue, ce qui exclu qu'ils fasse partie d'administrations locales et rend au contraire souhaitable qu'ils appartiennent à des organismes de recherche privés ou publics.

42. Lors de l'étude de la région de Sebikotane, tous les travaux étaient décidés par les responsables locaux des Travaux Publics, en liaison constante avec les spécialistes du service Fédéral de l'Hydraulique de l'Afrique Occidentale, les hydrogéologues de la Direction des Mines, les Compagnies de Prospection Géophysique et les Entreprises de Forages. Pendant les phases actives des travaux, des réunions hebdomadaires permettaient à chacun d'avoir une vue d'ensemble de tous les problèmes et de ne pas s'égarer dans sa spécialité propre. L'équipe ainsi en action il y a 10 ans dans le cadre de l'ancien Gouvernement Fédéral est pratiquement encore en place aujourd'hui. La responsabilité des travaux d'hydraulique continue à incomber aux services locaux du Gouvernement du Sénégal, qui font appel contractuellement lorsqu'ils en sentent le besoin aux services d'organismes français de recherche, dont certains ont hérité du personnel des anciennes Directions Fédérales,

BIBLIOGRAPHIE (limitée aux documents publiés ou cités dans le texte)

- ARNAUD G. : Note sur l'hydrologie de la région de Dakar - Bull. de la Direction des Mines de l'AOF, 10, 61-76 (1952)
- AUDIBERT M. : Hydrogéologie de la Nappe Maestrichtienne du Sénégal. Arch. Inédites, Ministère des T.P. du Sénégal (1962)
- BENSE C. : Alimentation du Paléocène de Sebikotane par les terrains aquifères du Tertiaire indifférencié. Arch. Inédites Direction Mines Sénégal (1952)
- BREUSSE J.J. : La prospection électrique appliquée aux recherches hydrologiques dans la presqu'île du Cap Vert. Bull. de la Direction des Mines de l'AOF, 10, 77-94, (1952)
- DEGALLIER R. : Hydrogéologie de la nappe maestrichtienne du Sénégal. Arch. Inédites Direction Mines Sénégal (1954).
- DEGALLIER R. Hydrogéologie de la région de Sebikotane
- MARCHAND J. Revue Industrie minérale 1R 215-223, (1955)
- DEGALLIER R. Bilan de la nappe de Sebikotane près Dakar. Ass. Inter. Hydrologues ROME (61)
- GORODISKY A. Notice explicative de la carte géologique du Sénégal au 1/20.000 (Feuilles OUAKAM et DAKAR, Bull. de la Direction des Mines de l'AOF, 10, 5-60 1952)
- HUBERT H. Etude hydrologique en vue de l'alimentation en eau des villes de Dakar et Rufisque Sénégal. Bull. du Comité d'Etudes Scientifiques de l'AOF, 161-218 (1922)

TESSIER F. : Sur l'existence d'un niveau maastrichtien au Sénégal, Comptes rendus Académie des Sciences 222, 505 - 506 (1946)

TESSIER F. : Contribution à la Stratigraphie et à la Paléontologie de la partie Ouest du Sénégal, Bull. de La Direction des Mines de l'AOF. 14 , (1952)